

RECEIVED

BUKTI PRIORITAS

No. : H3-HC.UM.02.07.0084/98

Dengan ini dinyatakan bahwa dokumen permintaan Paten (terlampir) :

- Tanggal pengajuan Permintaan Paten : 23 DESEMBER 1997
- (21) Nomor Permintaan Paten P-973953
- (22) Tanggal Penerimaan Permintaan Paten 23 DESEMBER 1997
- (71) Yang Mengajukan Permintaan Paten IR. ARIANTO DARMAWAN
- (54) Judul Penemuan : SISTIM PENUKAR ION DENGAN MEDIA YANG DIMAMPATKAN
SAAT OPERASI MAUPUN REGENERASI BERDASARKAN PRINSIP BEJANA BERHUBUNGAN

adalah sesuai dengan aslinya yang telah diajukan kepada Kantor Paten di Indonesia menurut Undang-undang Nomor 6 Tahun 1989 tentang Paten.

Tangerang, 2 - Mei - 1998

Direktur Paten

(Ny. Enimawati Junus, S.H.)

Nip. 040028010

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

5 **SISTIM PENUKAR ION DENGAN MEDIA YANG DIMAMPATKAN
SAAT OPERASI MAUPUN REGENERASI BERDASARKAN
PRINSIP BEJANA BERHUBUNGAN**

Bidang Teknik Penemuan

10 Penemuan ini berkenaan pada umumnya dengan proses-
proses pemisahan zat cair yang menggunakan sistim
pertukaran ion dan pada khususnya berhubungan dengan
metoda dan peralatan untuk demineralisasi atau pelunakan
air, pemurnian larutan-larutan berpelarut air, pengambilan
15 kembali (recovery) logam-logam dan senyawa-senyawa
berharga.

Latar Belakang Penemuan

20 Sistim pertukaran ion merupakan suatu proses
pemisahan zat cair. Umumnya proses ini memakai resin
penukar ion, resin pengadsorpsi atau resin katalitik.

25 Resin-resin penukar ion merupakan polimer berbentuk
bulir-bulir (*beads*), butiran atau serbuk dengan gugusan
fungsional asam yang disebut resin kation dan gugusan
fungsional basa yang disebut anion. Mekanisme kerjanya
adalah dengan mempertukarkan ion-ion didalam suatu larutan
dengan ion-ion yang menetap di dalam resin matriks polimer
yang berpori. Resin-resin pengadsorpsi bersifat lebih
berpori dan bekerja dengan menarik zat-zat masuk ke
30 dalamnya melalui permukaan yang luas. Resin katalitik
adalah butiran atau serbuk polimer bergolongan asam atau
basa dan merupakan suatu alternatif efektif yang akrab
lingkungan, dibanding terhadap katalitis cair.

35 Dalam banyak hal yang melibatkan sistim pertukaran
ion, resin diisikan ke dalam suatu kolom. Sistim dapat
berisi satu atau lebih jenis resin dengan fungsi yang sama
atau berbeda. Keuntungan khusus dari sistim pemisahan zat
cair dengan pertukaran ion seperti digambarkan diatas

5 khususnya terletak pada efektifitas, efisiensi yang tinggi, kesederhanaan dan biaya operasi yang rendah dibandingkan dengan proses-proses pemisahan lainnya seperti penguapan, osmosa balik (reverse osmosis) dan proses-proses sejenisnya.

Keberhasilan proses pemisahan zat cair mempergunakan sistim pertukaran ion sebagian besar tergantung kepada karakteristik sistim yang dipakai. Karakteristik-karakteristik yang diinginkan antara lain adalah :

- 10 1. Kemurnian yang tinggi dari hasil proses
Sistim harus dapat menjamin produksi proses demineralisasi atau produk adsorpsi dengan kualitas tinggi. Sistim harus dapat mempertahankan kolom resin dalam bentuk kompak dan mengurangi kebocoran ion.
- 15 2. Konsumsi zat kimia yang rendah
Regenerasi resin yang telah jenuh harus dilakukan secara efisien dengan pemakaian zat kimia yang optimum dan harus memaksimalkan kapasitas operasi kolom resin untuk menghasilkan resin yang
20 teregenerasi paling tinggi pada daerah pengeluaran siklus aliran operasi.
3. Lebih sedikit limbah kimia yang terjadi selama regenerasi
Regenerasi harus dilakukan secara efisien, lebih
25 sedikit waktu yang dibutuhkan, konsumsi air lebih rendah untuk pencucian balik dan bilas, dan lebih sedikit limbah zat kimia yang terjadi.
4. Mengurangi rugi-rugi tekanan
Kecepatan aliran tinggi meningkatkan rugi-rugi
30 tekanan. Rugi tekana yang tinggi memperbesar kemungkinan pecahnya butiran-butiran resin dan menaikkan energi pemompaan.
5. Rentang kecepatan aliran yang luas
Kebanyakan proses bersifat tidak konstan, maka sistim
35 harus dapat dioperasikan untuk proses-proses dengan rentang kecepatan aliran yang lebar dan masih mampu memproduksi hasil dengan kemurnian tinggi.
6. Biaya operasi dan investasi yang rendah

Sistim hendaknya dapat dioperasikan secara mudah dengan biaya-biaya operasi, investasi dan pemeliharaan yang rendah.

5 Sistim-sistim dasar pertukaran ion berikut yang umumnya tersedia :

10 Sistim pertama adalah sistim aliran searah yang mana arah aliran siklus operasi adalah dari atas ke bawah sedangkan proses regenerasi juga dari atas ke bawah. Di dalam sistim ini kolom resin dimampatkan selama proses operasi dan regenerasi. Selama proses operasi cairan dilewatkan melalui sebuah kolom yang berisi butiran-butiran resin yang ditopang oleh partisi penyangga bawah (*underdain bed*) pada dasar tangki yang umumnya berisi sejumlah nozzle. Di atas permukaan resin terdapat rongga
15 bebas hampir setinggi kolom resin untuk memberikan ruang ekspansi, agar kolom resin dapat dicuci balik secara efektif sebelum proses regenerasi guna membersihkan kotoran dan menghilangkan butiran-butiran kecil pecahan resin. Sistim aliran searah ini telah banyak dipakai
20 karena bersifat sederhana, akan tetapi memerlukan zat peregenerasi (*regenerant*) dalam jumlah besar.

Akibat aliran zat peregenerasi dari atas ke bawah maka kolom (tumpukan) resin yang paling teregenerasi terdapat pada daerah pemasukan aliran operasi sementara
25 kolom resin yang lebih rendah teregenerasi terletak pada daerah pengeluaran aliran operasi. Karena itu kemurnian hasil proses tidak terlalu tinggi. Sistim ini memerlukan sangat banyak zat peregenerasi dan harus dicuci balik sebelum tiap proses regenerasi.

30 Sistim kedua merupakan suatu sistim aliran berlawanan yang mana arah aliran selama siklus operasi adalah dari atas ke bawah sedang aliran proses regenerasi dari bawah ke atas. Bagian atas kolom diperlengkapi dengan partisi penyangga atas (*upper bed*) yang berisi sejumlah nozzle
35 identik dengan nozzle pada partisi penyangga bawah. Suatu rongga bebas terdapat di atas kolom resin untuk memberikan kesempatan resin mengembang sekitar 5:10% setelah menjadi jenuh.

Hal yang kurang menguntungkan dari sistim ini adalah bahwa selama proses regenerasi dengan aliran zat peregenerasi dari bawah ke atas, kolom resin tidak akan termampatkan secara penuh (kompak) disebabkan adanya kecenderungan fluidisasi yang mengakibatkan proses regenerasi kurang efektif. Akibat kecepatan aliran ke atas yang rendah dari zat peregenerasi yang sedikit jumlahnya serta tendensi kolom resin untuk jatuh ke bawah karena berat jenis resin yang lebih tinggi dari pada berat jenis cairan, maka lebih banyak zat peregenerasi diperlukan selama regenerasi meskipun jumlahnya masih lebih sedikit bila dibandingkan dengan banyaknya zat peregenerasi yang dibutuhkan pada sistim aliran searah.

Diameter tangki berkorelasi dengan kecepatan aliran ke atas zat peregenerasi. Peningkatan kecepatan aliran ke atas dapat dilakukan dengan memperkecil diameter tangki tetapi hal ini berarti mengurangi volume resin, dan karena itu akan memperpendek siklus regenerasi.

Tidak ada fasilitas pencucian balik dan resin harus dikeluarkan dari kolom jika rugi tekanan sistim telah melebihi batas dikarenakan akumulasi kotoran dan pecahan-pecahan butiran resin pada lubang nozzle. Sistim ini memerlukan resin berukuran khusus dengan butiran-butiran yang lebih seragam untuk mengurangi rugi tekanan.

Sistim ketiga merupakan suatu sistim aliran berlawanan dengan arah aliran siklus operasi dari bawah ke atas dan aliran proses regenerasi dari atas ke bawah. Bagian atas kolom diperlengkapi dengan partisi penyangga atas yang berisi sejumlah nozzle identik dengan nozzle pada partisi penyangga bawah. Suatu rongga bebas terdapat diatas kolom resin untuk memberikan kesempatan resin mengembang sekitar 5-10% setelah menjadi jenuh.

Hal yang kurang menguntungkan adalah bahwa selama siklus operasi dimana arah aliran dari bawah ke atas, kecepatan aliran harus relatif tinggi untuk mendapatkan kolom resin yang termampatkan (kompak). Pada kebanyakan operasi, kecepatan berflukstuasi atau terganggu, yang mengakibatkan terjadinya fluidisasi atau jatuhnya kolom

resin. Hal ini menjadikan kolom resin tidak termampatkan (kompak) dan resin yang telah sangat baik teregenerasi menjadi terkontaminasi pada daerah pengeluaran sehingga akan mengurangi kualitas air dan kapasitas pertukaran ion.

5 Kotoran dan pecahan-pecahan kecil butiran resin cenderung naik ke atas dan butiran-butiran resin yang kecil dengan ukuran lebih kecil dari pada lubang nozzle mungkin akan terbawa aliran dan mencemari bejana penukar ion yang lain. Untuk melindungi sistim, suatu perangkat
10 resin harus dipasang, tetapi hal ini akan menaikkan rugi tekanan. Tidak ada fasilitas pencucian balik internal pada sistim ini dan resin harus dikeluarkan untuk dicuci balik jika rugi tekanan sistim telah melebihi batas karena akumulasi pecahan butiran-butiran resin yang
15 berukuran lebih besar dari pada lubang nozzle. Sistim ini memerlukan resin berukuran khusus dengan butiran-butiran yang lebih seragam untuk mengurangi rugi tekanan.

Diameter tangki berkorelasi dengan kecepatan aliran ke atas selama pengoperasian. Peningkatan kecepatan aliran
20 memerlukan penurunan ukuran diameter tangki dan dengan demikian mengurangi volume resin sehingga akan memperpendek siklus regenerasi.

Sistim keempat merupakan suatu sistim aliran berlawanan dengan air atau udara sebagai media pengontrol.
25 Sistim ini bekerja dengan arah aliran operasi ke bawah dan arah aliran regenerasi ke atas. Pada sistim dengan pengontrol air terdapat suatu rongga bebas di atas kolom resin dengan distributor pemasukan air yang terletak pada bagian atas tangki. Distributor untuk pengeluaran zat
30 peregenerasi diletakkan tepat di bawah permukaan resin bagian atas.

Selama siklus regenerasi, zat peregenerasi akan mengalir dari bawah ke atas dan keluar melalui distributor pengeluaran, sementara pada saat bersamaan air akan
35 mengalir dari distributor pemasukan air ke bawah dan keluar melalui distributor pengeluaran yang sama untuk menjaga atau mempertahankan kekompakan kolom resin. Pada sistim dengan pengontrol udara, digunakan udara sebagai

ganti air selama proses regenerasi.

Hal yang kurang menguntungkan dari sistim ini adalah diperlukannya air atau udara dalam jumlah yang relatif besar selama regenerasi untuk memampatkan kolom resin supaya tetap kompak. Selain itu pengoperasian dan perawatannya lebih rumit.

Sistim dengan aliran berlawanan memperlihatkan keuntungan-keuntungan dibandingkan sistim dengan aliran searah. Selama proses regenerasi, bagian kolom resin pada lubang pemasukan zat peregenerasi akan diregenerasi secara penuh sehingga di bagian ini diperoleh pemulihan kapasitas pertukaran ion yang tinggi sementara bagian kolom resin pada lubang keluaran zat peregenerasi sebagian masih dalam keadaan jenuh dan dengan demikian kapasitas pertukaran ionnyapun lebih rendah. Pada sistim aliran searah dimana lubang masukan operasi sama dengan lubang masukan zat peregenerasi, tingkat kejenuhan parsial ini akan mengakibatkan kebocoran yang mempengaruhi kualitas air yang diolah. Adalah mungkin untuk meningkatkan kualitas air terolah dengan mempergunakan tingkat regenerasi yang lebih tinggi untuk mengubah resin dengan tingkat kejenuhan parsial menjadi teregenerasi penuh, akan tetapi hal ini menjadi kurang ekonomis karena banyaknya zat peregenerasi yang dibutuhkan.

Selama operasi, pada sistim aliran berlawanan, fluida pada daerah sekitar pengeluaran akan bersentuhan dengan bagian resin yang teregenerasi penuh sehingga akan menghasilkan kualitas fluida terolah yang jauh lebih tinggi dan kebocorannya lebih rendah hingga banyaknya siklus regenerasi yang diperlukan menjadi lebih sedikit.

Ringkasan Penemuan

Obyek utama penemuan ini adalah suatu desain sistim pertukaran ion untuk memproduksi hasil proses yang mempunyai kemurnian paling tinggi dengan sifat-sifat sebagai berikut : konsumsi zat kimia yang rendah, operasi dan pemeliharaan yang mudah, sedikit limbah, biaya operasi

yang rendah, biaya investasi yang rendah, dan mempunyai cakupan aplikasi yang luas.

Obyek lain penemuan ini adalah suatu desain sistim pertukaran ion aliran berlawanan yang dapat mentolerir perubahan-perubahan kecepatan aliran selama siklus operasi (pemakaian) atau bahkan juga bila terjadi penghentian sesaat aliran operasi. Lebih jauh sistim ini harus memiliki kemampuan pencucian balik *internal* bilamana diperlukan untuk mengeluarkan kotoran dan butiran-butiran kecil pecahan resin jika rugi tekanan telah melebihi batas yang ditetapkan. Sistim dapat dioperasikan pada kecepatan aliran operasi yang rendah dengan rugi tekanan yang rendah sedemikian hingga selain resin berukuran khusus, resin berukuran standar dapat dipakai.

Obyek utama yang disebutkan di atas telah dicapai dengan membangun suatu sistim yang beroperasi dengan dasar aliran berlawanan dimana resin selalu dijaga dalam keadaan termampatkan (kompak) selama siklus operasi, siklus regenerasi, bahkan ketika aliran terhenti sesaat (terinterupsi). Sistim juga dilengkapi dengan fasilitas pencucian balik dimana kecepatan aliran pencucian dapat diatur. Pencucian balik akan dilakukan hanya jika rugi tekanan sistim meningkat sedemikian hingga melebihi suatu batas tertentu. Pada kondisi normal pencucian balik diperlukan hanya setelah lebih dari seratu siklus regenerasi, sehingga secara praktis tak ada air limbah dari pencucian balik dalam proses regenerasi kecuali sekali dalam setahun atau bilamana diperlukan.

Desain sistim dari penemuan ini terdiri dari sebuah kolom vertikal yang dibagi dalam dua kompartemen vertikal dengan ruang bebas pada bagian bawah sedemikian sehingga kedua kompartemen saling berhubungan dan membentuk semacam bejana berhubungan seperti tabung U. Kedua kompartemen diisi dengan satu atau lebih jenis resin penukar ion. Bagian atas masing-masing kompartemen dilengkapi dengan partisi penyangga atas yang berisikan sejumlah nozzle. Suatu rongga bebas terdapat di atas kolom resin untuk mengakomodasikan ekspansi kolom resin yang terjadi setelah

resin menjadi jenuh atau selama regenerasi. Arah aliran selama siklus operasi adalah dari atas ke bawah pada satu kompartemen dan naik dari bawah ke atas pada kompartemen lainnya. Arah aliran siklus siklus regenerasi berlawanan dengan arah aliran siklus operasi. Aliran regenerasi masuk dari bagian pengeluaran siklus aliran operasi yang terletak di bagian atas kompartemen, mengalir ke bawah dan kemudian naik ke atas pada kompartemen lainnya.

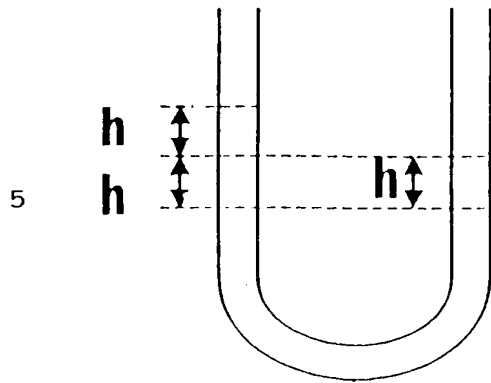
Salah satu konfigurasi adalah sebuah kolom vertikal, biasanya berbentuk silinder lingkaran dengan partisi (penyekat) vertikal di bagian dalamnya yang membagi kolom ini menjadi dua kompartemen vertikal dengan ruang bebas pada bagian bawahnya sehingga membentuk suatu sistim bejana berhubungan sejenis tabung U.

Konfigurasi kedua adalah sebuah kolom vertikal, biasanya berbentuk silinder lingkaran dengan kolom vertikal lainnya konsentris dan terletak di bagian dalamnya. Suatu ruang bebas menghubungkan kedua kolom pada bagian bawahnya sedemikian sehingga keduanya membentuk suatu sistim bejana berhubungan sejenis tabung U.

Konfigurasi ketiga terdiri dari dua kolom vertikal, biasanya berbentuk silinder lingkaran yang dihubungkan pada bagian bawahnya sehingga membentuk suatu bejana berhubungan seperti tabung U.

Karena tabung berbentuk U, gaya yang diperlukan untuk memampatkan resin selama siklus operasi maupunh selama siklus regenerasi adalah sangat kecil. Konsekuensinya kecepatan rendah saja sudah cukup untuk memampatkan resin. Persamaan keseimbangan gaya dapat diturunkan berdasarkan gaya dorong (*drag force*) yang dikerjakan oleh aliran fluida terhadap partikel.

Perhatikan model tabung U dari penemuan ini seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



ρ_p : masa jenis butiran resin

A : luas penampang tabung

u : kecepatan aliran fluida

g : konstanta gravitasi

Fluida mengerjakan gaya dorong

F_d pada resin sedemikian

sehingga kolom resin

dipindahkan sepanjang h pada

masing-masing sisi tabung.

10

Misalkan fluida mengalir dari tabung kanan turun ke bawah dan naik ke atas pada sisi tabung lainnya. Permukaan resin pada tabung kanan dipindahkan ke bawah sepanjang h dan pada tabung kiri permukaan resin dipindahkan ke atas sepanjang h sehingga perbedaan tinggi permukaan resin pada kedua tabung adalah $2h$.

15

Kerja yang diperlukan untuk menggerakkan kolom resin adalah $F_d h$. Jika gaya friksi adalah f_r , maka kesimbangan energi memberikan : $(F_d h - f_r h = 1/2 \rho_p A g h^2)$, dimana ruas

20

kana menyatakan kenaikan energi potensial resin. Oleh karena itu :

$$(F_d - f_r) = 1/2 \rho_p A g h \quad (1)$$

tetapi gaya dorong sama dengan :

25

$$F_d = \frac{CA \rho u^2}{2g_c} \quad (2)$$

30 Dimana c adalah suatu konstanta.

Substitusi persamaan (2) ke dalam persamaan (1) menghasilkan :

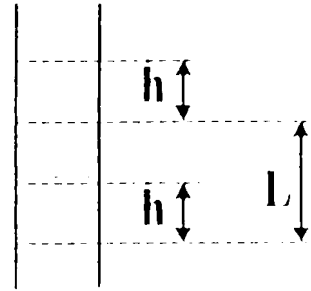
35

$$u = \sqrt{\frac{g_c (\rho_p A g h + 2f_r)}{CA \rho}} \quad (3)$$

Sekarang perhatikan suatu sistim konvensional dengan kolom

resin pada sebuah tabung lurus seperti ditunjukkan gambar dibawah ini :

Kolom resin dipindahkan sepanjang h untuk membuatnya menjadi kompak. Anggap panjang kolom resin adalah L dan massanya m .
 5 Persamaan kesimbangan energi memberikan :



$$(F_d - f_r)h - mgL = \frac{1}{2} \rho_p A g h^2 \quad (4)$$

10 Substitusi persamaan (2) memberikan :

$$u = \sqrt{\frac{\rho_p g g_c h}{c \rho} + f_r \frac{2 g_c}{c A \rho} + 2 m g g_c \frac{L}{c A \rho h}} \quad (5)$$

15

atau

$$u = \sqrt{\frac{\rho_p \lambda g g_c h + 2 f_r v g_c + 2 m g L g_c / h}{c A \rho}} \quad (6)$$

20

Dengan membandingkan persamaan (3) dan persamaan (6) dapat dilihat bahwa kecepatan yang dibutuhkan untuk membuat resin menjadi kompak pada sistim konvensional adalah lebih
 25 besar daripada kecepatan yang dibutuhkan pada sistim baru dari persamaan ini.

Telah diketemukan bahawa kolom resin tetap kompak bahkan juga ketika siklus sistim terputus. Hal ini disebabkan tahanan tumpukan resin lebih besar daripada
 30 gaya grafitasi yang akan menggerakkan resin karena adanya perbedaan tinggi permukaan resin pada kedua kolom.

Kolom resin yang termampatkan (kompak) akan meningkatkan unjuk kerja siklus regenerasi dan operasi. Selama regenerasi, kolom resin yang termampatkan akan
 35 menjaga keutuhan tumpukan resin sedemikian sehingga proses pertukaran ion-ion akan menjadi paling efektif dengan daerah teregenerasi tertinggi terdapat pada daerah pemasukan zat peregenerasi yang juga merupakan daerah

pengeluaran dari siklus operasi.

Sistim dapat melakukan proses pembersihan sendiri. Selama regenerasi kotoran serta butiran-butiran halus pecahan resin akan bergerak ke bagian atas tumpukan resin dan terbawa keluar bersama-sama dengan limbah zat peregenerasi. Kotoran serta partikel-partikel halus pecahan resin pada bagian kompartemen lainnya akan terbawa keluar selama proses pembilasan. Karena adanya mekanisme pembersihan sendiri, dalam banyak hal tidak diperlukan pencucian balik.

Namun demikian sistim ini dilengkapi dengan sistim pencucian balik *internal*. Setelah sekian ratus siklus operasi, pecahan butiran-butiran resin yang berukuran lebih besar daripada lubang nozzle mungkin terakumulasi sehingga akan menaikkan rugi tekanan melebihi batas yang dapat diterima. Pencucian balik dapat dilakukan dengan mengatur kecepatan aliran pencucian balik untuk memfluidisasi tumpukan resin dan membawa butiran-butiran lembut keluar bersama dengan limbah pencucian balik.

Keuntungan lain dari sistim ini dibandingkan dengan sistim-sistim aliran berlawanan lainnya adalah bahwa sistim ini dapat memakai tangki yang lebih besar dengan volume resin yang lebih besar sehingga dapat dicapai interval pencucian balik yang lebih panjang karena sistim ini tidak dipengaruhi oleh kecepatan aliran operasi dan regenerasi yang rendah.

Uraian Singkat Gambar

Deskripsi penemuan yang diusulkan disini akan ditunjukkan lebih lanjut dalam gambar-gambar berikut :

Gambar 1 : gambar skematik sistim aliran searah yang tersedia saat ini (produk terdahulu).

Gambar 2a : gambar skematik sistim aliran berlawanan yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke bawah dan aliran regenerasi ke atas (produk terdahulu) yang sedang bekerja pada mode operasi normal dengan aliran ke bawah.

Gambar 2b : gambar skematik sistim aliran berlawanan

yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke bawah dan aliran regenerasi ke atas (produk terdahulu) yang sedang bekerja pada mode pencucian balik.

5 Gambar 3a : gambar skematik sistim aliran berlawanan yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke atas dan aliran regenerasi ke bawah (produk terdahulu) yang sedang bekerja pada mode operasi normal operasi dengan aliran ke atas.

10 Gambar 3b : gambar skematik sistim aliran berlawanan yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke atas dan aliran regenerasi ke bawah (produk terdahulu) yang sedang bekerja pada mode pencucian balik.

15 Gambar 4a : gambar skematik sistim pemisahan menurut penemuan yang diusulkan, yang sedang bekerja pada mode operasi normal.

Gambar 4b : gambar skematik sistim pemisahan menurut penemuan yang diusulkan, yang sedang bekerja pada mode regenerasi.

20 Gambar 4c : gambar skematik sistim pemisahan menurut penemuan yang diusulkan, yang sedang bekerja pada mode pencucian balik dimana pencucian balik dilakukan pada kolom kiri.

25 Gambar 4d : gambar skematik sistim pemisahan menurut penemuan yang diusulkan, yang sedang bekerja pada mode pencucian balik dimana pencucian balik dilakukan pada kolom kanan.

Gambar 5 : gambar skematik proses pelunakan menurut penemuan yang diusulkan, yang sedang bekerja pada mode operasi.

30 Gambar 6 : gambar skematik proses demineralisasi air menurut penemuan yang diusulkan dengan menggunakan resin asam kuat untuk kolom kation dan resin basa kuat untuk kolom anion, yang sedang bekerja pada mode operasi.

35 Gambar 7 : gambar skematik proses demineralisasi dan dekolorasi larutan gula menurut penemuan yang diusulkan dengan menggunakan resin berkation asam kuat untuk kolom kation dan resin anion macrorectecular basa kuat untuk kolom anion, yang sedang bekerja pad mode operasi.

Gambar 8 : gambar skematik proses demineralisasi air menurut penemuan yang diusulkan dengan menggunakan kombinasi resin kation asam lemah dan resin kation asam kuat untuk kolom kation, degasifier, kombinasi resin anion basa lemah dan resin anion basa kuat untuk kolom anion diikuti dengan pemoles kation asam kuat dan pemoles anion basa kuat.

Gambar 9a : gambar penampang samping peralatan menurut penemuan yang diusulkan.

Gambar 9b : gambar penampang tampak atas dari peralatan menurut penemuan yang diusulkan.

Gambar 10a : gambar penampang samping peralatan menurut penemuan yang diusulkan dengan suatu desain alternatif.

Gambar 10b : gambar penampang tampak atas dari peralatan menurut penemuan yang diusulkan dengan suatu desain alternatif.

Gambar 11a : gambar penampang samping peralatan menurut penemuan yang diusulkan dengan suatu desain alternatif yang lain.

Gambar 11b : gambar penampang tampak atas dari peralatan menurut penemuan yang diusulkan dengan suatu desain alternatif yang lain.

25 Uraian Lengkap Penemuan

Gambar 1 merupakan suatu skema sederhana sistim aliran searah yang ada saat ini (produk terdahulu). Kolom (1) dengan partisi penyangga bawah (4) yang dilengkapi dengan nozzle, diisi resin penukar ion yang banyaknya berkisar 50-60% dari volume total. Di atas tumpukan resin terdapat rongga bebas (7). Selama operasi fluida mengalir dari terminal (2), kemudian melewati tumpukan resin yang kompak (5) dan mengalir keluar melalui terminal (3). Selama regenerasi arah aliran zat peregenerasi adalah identik dengan arah aliran operasi saat alat bekerja. Sebelum regenerasi resin harus dicuci balik dengan arah aliran dari terminal (3) sebagai lubang pemasukan manuju

lubang pengeluaran melalui terminal (2). Arah aliran ke atas ini akan menyebabkan fluidisasi tumpukan resin (5), dan butiran-butiran lembut resin serta partikel-partikel terkontaminasi akan dikeluarkan selama proses ini. Tinggi resin dan efektifitas pencuccian balik dapat dimonitor melalui gelas pandang (6).

Gambar 2a dan 2b merupakan skema representasi sistim aliran berlawanan yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke bawah dan arah aliran regenerasi ke atas (produk terdahulu). Kolom (11) dengan partisi penyangga bawah (14) dan partisi penyangga atas (15) yang dilengkapi dengan nozzle, diisi dengan resin penukar ion. Selama operasi (Gambar 2a) fluida dialirkan melalui terminal (12) melewati tumpukan resin yang kompak (16a) dengan lubang keluaran pada terminal (13). Selama regenerasi (Gambar 2b) zat peregenerasi masuk melalui terminal (13) dan keluar melalui terminal (12). Resin tidak akan menjadi kompak dan hal ini akan mempengaruhi efisiensi regenerasi. Tinggi resin dapat dimonitor dari gelas pandang (18). Rongga bebas (17a) dan (17b) berkisar antara 20 cm hingga 30 cm tingginya untuk memberikan kesempatan resin mengembang selama operasi. Sistim ini tidak mempunyai sistim pencucian balik internal. Oleh karena itu ketika resin harus dicuci balik, resin harus dikeluarkan dari kolom dan dipindahkan ke sistim pembersihan resin eksternal.

Gambar 3a dan 3b merupakan skema representasi sistim aliran berlawanan yang ada saat ini dengan arah aliran operasi ke atas dan arah aliran regenerasi ke bawah (produk terdahulu). Kolom (21) dengan partisi penyangga bawah (24) dan partisi pemyangga atas (25) yang dilengkapi dengan nozzle diisi dengan resin penukar ion. Selama operasi (Gambar 3a) fluida dialirkan melalui terminal (23) melewati tumpukan resin yang kompak (26a) dengan lubang keluaran pada terminal (22). Aliran operasi harus dikontrol pada suatu kecepatan sedemikian untuk menjaga tumpukan resin pada keadaan yang kompak sehingga profil regenerasi aliran berlawanan untuk resin ini akan selalu dicapai. Kecepatan yang lebih rendah atau pemutusan aliran

akan mengakibatkan resin tidak berada dalam keadaan kompak dan akan merusak profil regenerasi resin yang akan mempengaruhi kualitas fluida yang diolah.

Selama regenerasi (Gambar 3b) zat peregenerasi masuk
5 melalui terminal (22) dan keluar melalui terminal (23). Pada siklus ini tumpukan resin selalu dijadikan kompak dan efisiensi regenerasi tinggi. Tinggi resin dapat dimonitor dari gelas pandang (28). Tinggi rongga bebas (27a) dan 27b) berkisar antara 20 cm hingga 30 cm untuk memberikan
10 kesempatan resin mengembang selama proses operasi. Sistem ini tidak mempunyai sistem pencucian balik internal. Oleh karena itu ketika resin harus dicuci balik, resin tersebut harus dikeluarkan dari kolom dan dipindahkan ke sistem pencucian eksternal.

15 Gambar 4a, 4b, 4c dan 4d merupakan skema representasi sistem-sistem menurut penemuan yang diusulkan. Kolom (101) dibagi dalam dua kompartemen oleh penyekat (110) dimana bagian bawah saling dihubungkan sedemikian sehingga membentuk bejana berhubungan semacam tabung U. Partisi
20 penyangga atas (104) dan (105) yang dilengkapi nozzle ditempatkan pada bagian atas kolom.

Selama operasi (Gambar 4a) fluida mengalir melalui terminal (102), melewati resin yang kompak (106b) dengan aliran ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin (106a)
25 dengan lubang keluaran pada terminal (103). Kecepatan aliran rendah telah cukup untuk membuat kompak tumpukan resin dan sekali resin telah dibuat kompak resin tersebut akan tetap pada keadaan kompak, bahkan jika aliran kecepatan dikurangi sekalipun atau diganggu atau dipotong.
30 Karena resin selalu dalam keadaan kompak maka profil regenerasi aliran berlawanan akan selalu dicapai yang akan menghasilkan cairan produk berkualitas tinggi.

Selama regenerasi (Gambar 4b) zat peregenerasi mengalir melalui terminal (103), melewati resin yang
35 kompak (106d) dengan aliran ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin (106c) dengan lubang keluaran pada terminal (102). Kecepatan aliran rendah dari zat peregenerasi telah cukup untuk membuat kompak tumpukan resin sehingga

efisiensi regenerasi menjadi sangat tinggi. Tinggi resin dapat dimonitor melalui gelas pandang (109). Tinggi rongga bebas (108a) dan (108b) berkisar antara 20 cm hingga 30 cm untuk memberikan kesempatan resin mengembang selama proses operasi.

Karena sistim dapat membersihkan diri sendiri, pencucian balik untuk mengeluarkan butiran-butiran lembut resin atau partikel-partikel tercemar tidak diperlukan. Apabila setelah banyak siklus operasi rugi tekanan naik sedemikian hingga nilainya menjadi dua kali, maka pencucian balik *internal* perlu dilakukan. Ketika kolom bagian kiri akan dicuci balik (Gambar 4c), aliran dilalukan melalui terminal (103), melewati resin (106e) dengan aliran ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin (106f), kemudian mengalir keluar melalui terminal (111). Aliran dikontrol oleh alat pengontrol aliran (114) sedemikian hingga resin akan difluidisasikan dan butiran-butiran lembut dapat dibawa keluar oleh aliran keluar. Ketika kolom bagian kanan akan dicuci balik, aliran masuk melalui terminal (102), mengalir ke bawah melewati resin (106g) dan mengalir ke atas melalui resin (106h), kemudian mengalir keluar melalui terminal (112). Aliran dikontrol oleh alat pengontrol aliran (114) sedemikian sehingga resin akan difluidisasikan dan butiran-butiran lembut dapat dibawa oleh aliran keluar.

Agar pembersihan dengan pencucian balik dapat dilakukan secara efektif, maka terminal (111) dan terminal (112) harus dilengkapi dengan perangkat resin atau jala (ayakan) dengan ukuran lubang 0,3 mm sampai dengan 0,4 mm sedemikian sehingga butiran-butiran lembut dapat keluar melalui lubang-lubang tersebut.

Gambar 5 merupakan suatu proses pelunakan air yang menggunakan sistim penemuan yang diusulkan. Tangki (201) diisi dengan resin kation kuat dalam bentuk sodium (206a) dan (206b). Zat peregenerasinya adalah larutan sodium klorida.

Gambar 6 merupakan suatu demineralisasi air yang menggunakan sistim yang diusulkan. Tangki (301a) diisi

dengan resin kation asam kuat (306ab) dan (306aa),
sedangkan tangki (301b) diisi dengan resin anion basa kuat
(306bb) dan (306ba). Zat-zat peregenerasi untuk resin
kation asam kuat dan resin anion basa kuat masing-masing
5 adalah larutan asam hidroklorida dan larutan basa sodium
hidroksida.

Aliran operasi dilalukan dari terminal (302a),
mengalir ke bawah melewati resin kation asam kuat (306ab)
dan mengalir ke atas melalui resin kation (306aa),
10 kemudian mengalir keluar melalui terminal (303a). Dari
alat penukar kation ini aliran air yang telah
terdekationisasi melalui terminal (302b), ke bawah
melewati resin anion kuat (306bb), ke atas melalui resin
(306ba) dan mengalir keluar melalui terminal (303b).
15 Produknya adalah air terdemineralisasi dengan kemurnian
tinggi.

Gambar 7 merupakan suatu proses demineralisasi dan
dekolorisasi larutan gula dengan menggunakan sistem
penemuan yang diusulkan. Tangki (401a) diisi dengan resin
20 kation asam kuat (406ab) dan (406aa), sedangkan tangki
(401b) diisi dengan resin anion *macrorectecular* basa kuat
yang mempunyai kemampuan untuk mengadsorbsi warna larutan
gula.

Zat peregenerasi untuk resin kation asam kuat adalah
25 larutan asam klorida, sedangkan untuk resin anion
macrorectecular basa kuat zat peregenerasinya adalah
larutan sodium hidroksida.

Aliran operasi dilalukan dari terminal (402a),
mengalir ke bawah melewati resin kation asam kuat (406ab)
30 dan mengalir ke atas melalui resin (406aa), kemudian
keluar melalui terminal (403a). Dari alat penukar kation
ini larutan gula terdekationisasi mengalir melalui terminal
(402b), mengalir ke bawah melewati resin anion
macrorectecular basa kuat (406bb) dan mengalir ke atas
35 melalui resin (406ba), kemudian keluar melalui terminal
(403b). Produknya adalah larutan gula terdemineralisasi
dan terdekolorisasi berkualitas tinggi.

Gambar 8 adalah suatu proses demineralisasi air yang

mengandung garam bikarbonat yang dalam hal ini digunakan sistim penemuan yang diusulkan dengan dilengkapi degasifier dan alat pemoles. Tangki penukar kation (501a) diisi dengan resin kation asam lemah (506ab) pada kompartemen kiri dan resin kation asam kuat (506aa) pada kompartemen kanan. Pemakaian kombinasi resin-resin ini akan meningkatkan efisiensi regenerasi. Selama regenerasi dengan larutan asam klorida, zat peregenerasi mengalir dari terminal (503a) ke bawah melewati resin kation asam kuat (506aa). Setelah membuat kompak resin, limbah zat peregenerasi yang masih berisi asam klorida pada konsentrasi lebih rendah akan melalui dan meregenerasi resin kation asam lemah (506ab) ke atas dan keluar melalui terminal (502a).

15 *Degasifier* (513) berisi elemen isian deaerator (515) dan dilengkapi dengan *blower* udara (514) yang akan meniup udara dari bagian bawah elemen isian menuju ke atas.

Air terdekationisasi dari alat penukar kation yang mengandung asam bikarbonat mengalir melalui bagian atas bahan isian dan gas karbon dioksida akan terbawa oleh aliran udara.

20 Tangki penukar ion (501b) diisi dengan resin anion basa lemah (506bb) pada kompartemen kiri dan resin anion basa kuat (506ba) pada kompartemen kanan. Pemakaian kombinasi resin-resin ini akan meningkatkan efisiensi regenerasi.

30 Selama regenerasi dengan larutan sodium hidroksida, zat peregenerasi mengalir dari (503b) ke bawah melewati resin anion kuat (506ba). Setelah membuat kompak resin tersebut limbah zat peregenerasi yang masih berisi sodium hidroksida dengan konsentrasi lebih rendah melewati dan meregenerasi resin anion basa lemah (506bb) dengan arah aliran ke atas dan keluar melalui terminal (502b).

35 Tangki penukar ion (501c) diisi dengan penukar kation kuat (506cb) dan (506ca), sedangkan tangki penukar anion (501d) diisi dengan penukar anion kuat (506db) dan (506da). Kedua alat penukar ion ini berfungsi sebagai alat pemoles dan memiliki desain yang sama dengan sistim pada

Gambar 6. Pada siklus operasi, air masukan yang mengandung bikarbonat dialirkan dari terminal (502a), melewati resin kation asam lemah (506ab) ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin kation asam kuat (506aa) dengan terminal keluaran pada (503a). Air terdekationisasi yang mengandung asam bikarbonat melewati degasifier (513) dan bersentuhan dengan bahan isian degasifier (515). Gas CO_2 dari asam bikarbonat dibawa oleh aliran udara dari blower (514). Air yang telah terdekationisasi dan terdegasifikasi dipompa oleh pompa (516) menuju ke penukar anion melalui terminal (502b), melewati resin berbasis lemah (506bb) ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin anion basa kuat (506ba), serta keluar melalui terminal (503b). Air terdemineralisasi kemudian dipoles di dalam pemoles kation, melewati terminal (502c) dan mengalir melalui resin kation asam kuat (506cb) ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin (506ca) dengan lubang keluaran pada terminal (503c). Dari pemoles kation ini air kemudian dialirkan menuju ke pemoles anion melalui terminal (502d), melewati resin anion basa kuat (506db) ke bawah dan mengalir ke atas melalui resin (506da), serta keluar melalui terminal (503d). Air terolah yang melewati terminal (503b) merupakan air terdeionisasi berkualitas tinggi dengan konduktivitas mencapai harga kurang dari 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan residu silika mencapai harga kurang dari 20 ppb, dan setelah melewati pemoles kation dan anion dengan lubang keluar pada terminal (503d) maka konduktivitasnya dapat mencapai harga kurang dari 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan residu silika kurang dari 5 ppb.

Gambar 9a sampai dengan 11b memperlihatkan skema penampang peralatan yang menggunakan penemuan yang diusulkan dalam tiga konfigurasi. Gambar 9a dan 9b menunjukkan suatu konfigurasi dengan kolom vertikal (101) dibagi dalam dua kompartemen oleh penyekat (110) dengan ruang bebas pada bagian bawah sedemikian hingga membentuk suatu jenis bejana berhubungan seperti tabung U. Pada bagian atas kolom terdapat partisi penyangga atas dengan sejumlah nozzle (104) dan (105). Diantara partisi

penyangga atas dan permukaan tumpukan resin (106b) terdapat rongga bebas (108a) untuk mengakomodasi ekspansi tumpukan resin setelah resin menjadi jenuh, dan juga untuk mengakomodasi ekspansi resin selama pencucian balik.

5 Tinggi tumpukan resin dapat diamati melalui gelas pandang (109). Terminal (102) merupakan lubang masukan fluida pada waktu siklus operasi dan merupakan lubang keluaran zat peregenerasi, sedangkan terminal (103) merupakan lubang

10 keluaran fluida pada waktu siklus operasi dan lubang masukan zat peregenerasi. Proses operasinya dapat dibalikkan. Terminal (111) dan (112) merupakan lubang

keluaran untuk fluida pencuci balik.

Gambar 10a dan 10b memperlihatkan konfigurasi lain yang terdiri dari dua kolom vertikal yang membentuk

15 sepasang bejana berhubungan seperti tabung U. Pada bagian atas kolom-kolom (601a) dan (601b) terdapat partisi penyangga atas yang dilengkapi dengan sejumlah nozzle. Diantara partisi penyangga atas dan permukaan tumpukan resin (606b) terdapat rongga bebas (608b) untuk

20 mengakomodasi ekspansi tumpukan resin baik setelah resin menjadi jenuh atau selama pencucian balik. Tinggi tumpukan resin dapat diamati melalui gelas pandang (609). Terminal (602) merupakan lubang masukan fluida pada waktu siklus operasi dan merupakan lubang keluaran zat peregenerasi,

25 sedangkan terminal (603) merupakan lubang keluaran fluida pada waktu siklus operasi dan lubang masukan zat peregenerasi. Proses operasinya dapat dibalikkan. Terminal (611) dan (612) merupakan lubang keluaran untuk fluida

pencuci balik.

30 Gambar 11a dan 11b mengilustrasikan suatu konfigurasi dengan kolom vertikal (701) dan kolom vertikal lain yang lebih kecil (701b) di bagian dalamnya dengan rongga bebas pada bagian dasarnya sedemikian sehingga baik fluida maupun resin dapat mengalir dengan bebas dari satu

35 kompartemen ke kompartemen lainnya. Pada bagian atas kolom-kolom terdapat partisi penyangga atas dengan sejumlah nozzle (704a) dan (704b). Diantara partisi penyangga atas dan permukaan tumpukan resin (707a)

terdapat ruang bebas (708a) untuk mengakomodasi ekspansi resin ketika resin menjadi jenuh atau selama pencucian balik. Tinggi tumpukan resin dapat diamati melalui gelas pandang (709). Terminal (702) merupakan lubang masukan fluida pada waktu siklus operasi dan merupakan lubang keluaran zat peregenerasi, sedangkan terminal (713) merupakan lubang keluaran fluida pada waktu siklus operasi dan lubang masukan zat peregenerasi. Terminal (703) merupakan suatu alternatif dari terminal (702) yang mempunyai fungsi yang sama. Terminal (711) merupakan lubang masukan fluida pencuci balik. Terminal (712) merupakan suatu alternatif dari terminal (711) yang mempunyai fungsi yang sama.

15 Suatu contoh (data perbandingan)

Kebutuhan zat-zat kimia, konduktivitas dan kebocoran silika sistim menurut penemuan yang diusulkan dibandingkan dengan sistim aliran searah yang telah dipakai secara luas saat ini. Perhitungan pada masing-masing sistim didasarkan pada jenis resin, kecepatan aliran, analisa air yang sama dan kira-kira dengan jumlah resin yang sama pula, Kedua sistim dioperasikan tanpa alat *degasifier*.

25 - Kapasitas aliran : 16,5 m³/jam; volume total bersih yang dioperasikan 400 m³

30 - Analisa air (dalam m.eq) : HCO₃⁻ 0,334; CO₂ 0,334; SO₄⁼ 0,850;
Cl⁻ 0,500; NO₃⁻ 0,039; SiO₂ 0,194;
Mg⁺⁺ 0,168; Ca⁺⁺ 0,997; Na⁺ 0,552

35

		Sistim penemuan yang diusulkan	Sistim aliran searah
5	Jenis resin	6000 l Amberjet 1200 4200 l Amberjet 96RF 4500 l Amberjet 4200	6000 l Amberjet 1200 4500 l Amberjet 96RF 4500 l Amberjet 4200
10	Konsumsi zat peregenerasi	33 kg HCl (100%) 36 kg NaOH (100%)	53 kg HCl (100%) 36 kg NaOH (100%)
	Diameter tangki	1000 mm	1000 mm
15	Tinggi efektif tangki	1700 mm	3100 mm
	Konduktifitas (rata2/nilai akhir)	1,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 6,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
20	Kebocoran silika (rata2/nilai akhir)	0,03 mg/l 0,10 mg/l	0,12 mg/l 0,20 mg/l

Dari data diatas dapat diamati bahwa sistim penemuan
 25 yang diusulkan mempunyai banyak keuntungan bila
 dibandingkan dengan sistim aliran searah yang dipakai
 dimana-mana saat ini. Sistim dengan aliran searah
 mengkonsumsi 60% lebih banyak zat peregenerasi HCl,
 tangkinya 80% lebih tinggi dan mempunyai konduktivitas
 30 rata-rata yang 30% lebih tinggi serta mempunyai kebocoran
 silika yang 400% lebih besar dibandingkan dengan sistim
 yang memakai penemuan yang diusulkan. Biaya operasi dan
 konstruksi dari sistim yang didasarkan pada penemuan yang
 diusulkan adalah jauh lebih rendah dari pada sistim aliran
 35 searah yang banyak dipakai saat ini, sementara kualitas
 air cerolah yang diproduksi oleh sistim penemuan yang
 diusulkan adalah jauh lebih baik dari pada yang dihasilkan
 oleh sistim aliran searah.

Klaim

1. Peralatan untuk pemisahan cairan terdiri dari :

5 a. Satu atau lebih kolom separasi yang terdiri dari dua kompartemen yang saling berhubungan. Setiap kolom separasi dilengkapi dengan bagian pemasukan cairan yang akan diproses dan bagian pengeluarannya, bagian pemasukan dan bagian pengeluaran untuk cairan peregenerasi, bagian pemasukan dan bagian pengeluaran untuk cairan pembilas
10 serta bagian pemasukan dan bagian pengeluaran untuk cairan pencuci balik;

b. Serangkaian pemipaan berikut katup-katup untuk mengalirkan cairan melalui kolom separasi sesuai dengan arah aliran waktu operasi, pembilasan, regenerasi dan
15 pencucian balik;

c. Partikel granular yang diisikan dalam kolom separasi;

d. Peralatan untuk pemasukan cairan proses ke dalam kolom separasi dan untuk mengeluarkan cairan yang telah
20 diproses dari kolom separasi termaksud. Pemasukan untuk pemasukan cairan peregenerasi ke dalam kolom separasi dan untuk mengeluarkan cairan buangan regenerasi dari kolom separasi termaksud. Peralatan untuk pemasukan cairan pembilas ke dalam kolom separasi dan untuk mengeluarkan
25 cairan buangan pembilas dari kolom separasi tersebut. Peralatan untuk pemasukan cairan pencuci balik ke dalam kolom separasi dan untuk mengeluarkan cairan buangan pencuci balik dari kolom separasi termaksud.

2. Peralatan yang termaksud dalam klaim 1 dengan
30 konfigurasi sebagai berikut :

a. Sebuah kolom separasi berbentuk silindris vertikal dimana di dalamnya dilengkapi dengan sebuah partisi sehingga terbentuk dua buah kompartemen dengan ruang bebas di bagian bawah yang menghubungkan kedua kompartemen
35 tersebut. Bagian atas dari masing-masing kompartemen dilengkapi dengan partisi penyangga atas yang dilengkapi dengan nozzle distribusi.

b. Dua buah kolom separasi berbentuk silindris yang

membentuk dua buah kompartemen dimana kedua buah kolom tersebut dihubungkan satu dengan yang lain oleh ruang bebas di bagian bawah. Bagian atas dari masing-masing kompartemen dilengkapi dengan partisi penyangga atas yang
5 dilengkapi dengan nozzle distribusi;

c. Sebuah kolom silindris vertikal dimana bagian dalamnya dilengkapi dengan kolom silindris lain yang diameternya lebih kecil hingga membentuk dua kompartemen konsentris yang di bagian bawahnya dihubungkan satu dengan
10 yang lain oleh ruang bebas. Bagian atas dari masing-masing kompartemen dilengkapi dengan partisi penyangga atas yang dilengkapi dengan nozzle distribusi.

3. Peralatan termaksud dalam klaim 1 dan 2 dimana posisi kolom membentuk sudut antara 0° hingga 180° .

15 4. Peralatan termaksud dalam klaim 1 dan 2 dimana kedua buah kolom bersama-sama membentuk lingkaran dengan ruang bebas yang menghubungkan satu dengan yang lain. Bagian atas dari masing-masing kompartemen dilengkapi dengan partisi penyangga atas yang dilengkapi dengan
20 nozzle distribusi.

5. Peralatan termaksud dalam klaim 1, 2, 3 dan 4 dimana penampang kolom mempunyai bentuk geometris lainnya.

6. Peralatan termaksud dalam klaim 1 sampai dengan 5 dimana partikel *granular* termaksud adalah :

25 a. Resin penukar ion, resin katalitik, resin adsorbent, resin inert atau campurannya;

b. Partikel atau partikel-partikel *granular* yang mempunyai kemampuan adsorbsi dan adsorbsi secara fisik atau bereaksi secara kimia untuk pemisahan cairan.

30 7. Metode separasi cairan yang menggunakan peralatan termasuk klaim 1 hingga 6.

8. Metode separasi cairan yang termaksud dalam klaim 1 hingga 7 terdiri dari :

a. Siklus operasi yang dilakukan dengan melewati
35 cairan proses melalui lubang pemasukan cairan proses yang terletak di bagian atas kompartemen pertama dengan arah aliran ke bawah dan naik ke atas melalui kompartemen kedua dan selanjutnya keluar melalui lubang pengeluaran cairan

proses yang terletak di bagian atas. Aliran ini memampatkan (kompak) resin. Diantara permukaan resin yang dimampatkan ini dengan partisi penyangga atas di kompartemen pertama terdapat suatu ruang bebas;

- 5 b. Siklus regenerasi dilakukan dengan melewati cairan peregenerasi melalui lubang pengeluaran cairan proses pada kompartemen kedua dengan aliran ke bawah dan naik ke atas pada kompartemen pertama, serta keluar melalui lubang pemasukan cairan proses pada kompartemen
- 10 pertama yang terletak di bagian atas. Aliran regenerasi ini memadatkan resin. Diantara permukaan resin yang dipadatkan ini dengan partisi penyangga atas di kompartemen pertama terdapat suatu ruang bebas;

- 15 c. Siklus pencucian balik dilakukan hanya bila rugi tekanan dari siklus operasi telah meningkat secara signifikan. Pencucian balik resin pada kompartemen kedua dilakukan dengan melewati cairan pencuci melalui lubang pemasukan cairan proses di kompartemen pertama dan keluar melalui lubang pengeluaran pencucian balik yang terletak
- 20 dibawah partisi penyangga. Pencucian balik resin pada kompartemen pertama dilakukan dengan melewati cairan pencuci balik melalui lubang pengeluaran cairan proses di kompartemen kedua dan keluar melalui lubang pengeluaran pencucian balik yang terletak di bawah partisi penyangga.

Abstrak

SISTIM PENUKAR ION DENGAN MEDIA YANG DIMAMPATKAN
SAAT OPERASI MAUPUN REGENERASI BERDASARKAN
PRINSIP BEJANA BERHUBUNGAN

5

Sistim pemisahan zat cair yang menggunakan resin penukar ion, resin pengadsorpsi dan resin katalitik dengan prinsip bejana berhubungan.

10

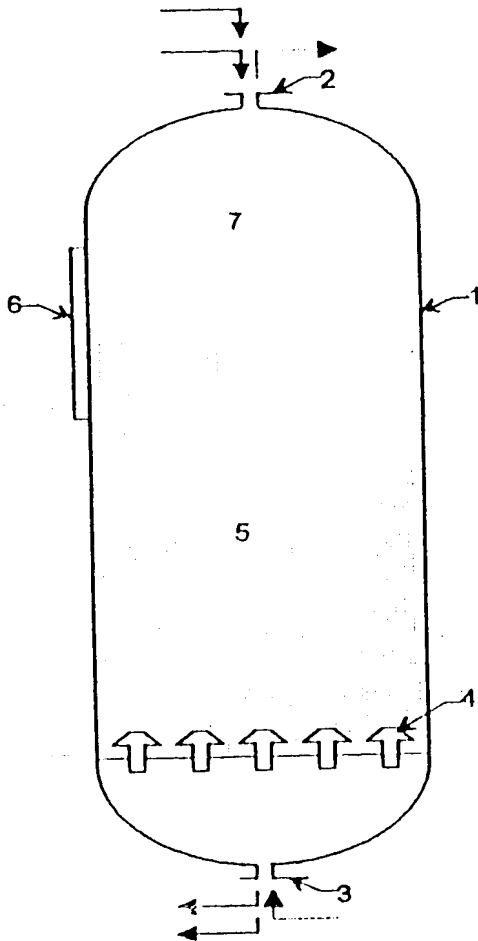
Kecepatan aliran fluida yang relatif rendah telah cukup untuk mempertahankan kolom resin dalam keadaan termampatkan (kompak) baik selama proses operasi maupun proses regenerasi sehingga diperoleh mutu hasil proses yang sangat tinggi, pemakaian zat peregenerasi yang rendah

15

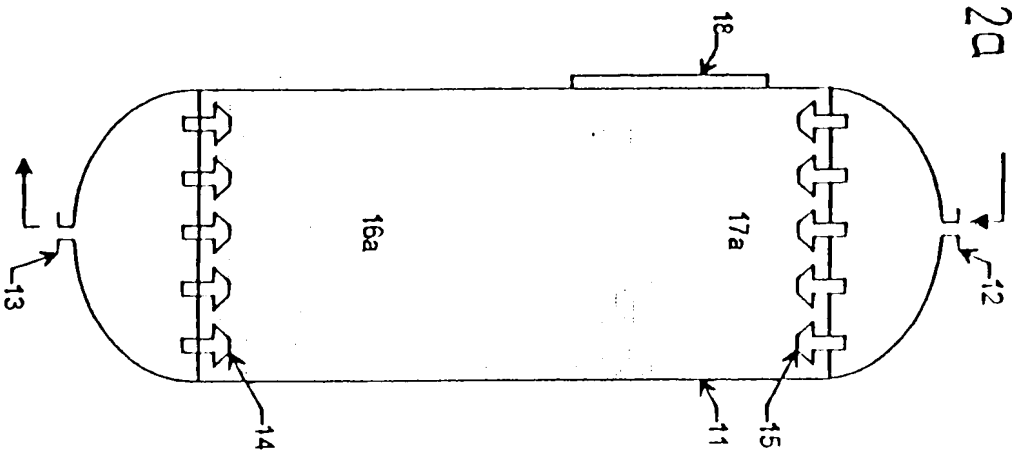
serta pengoperasian yang mudah.

20

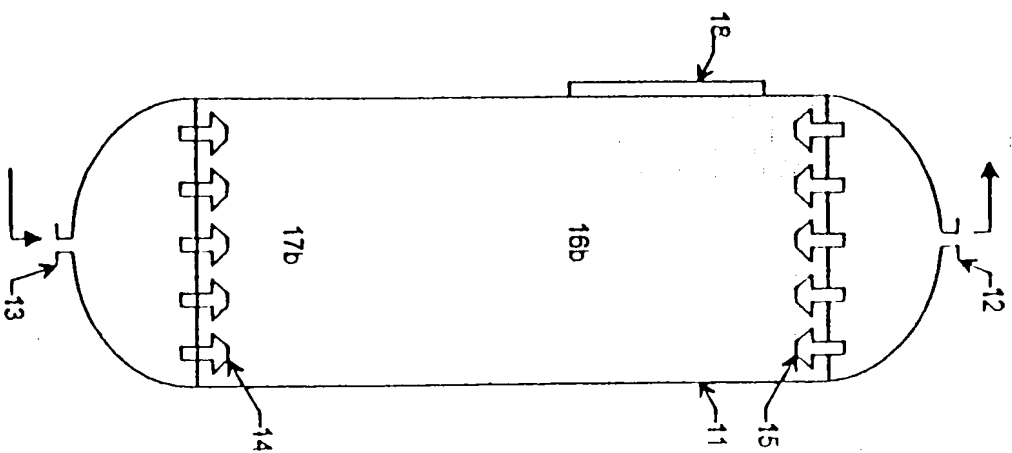
Gb.1



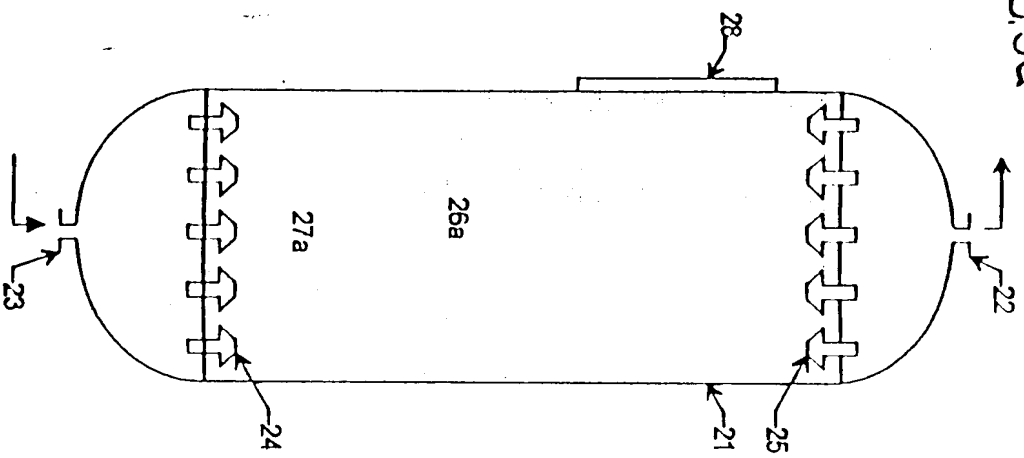
Gb.2a



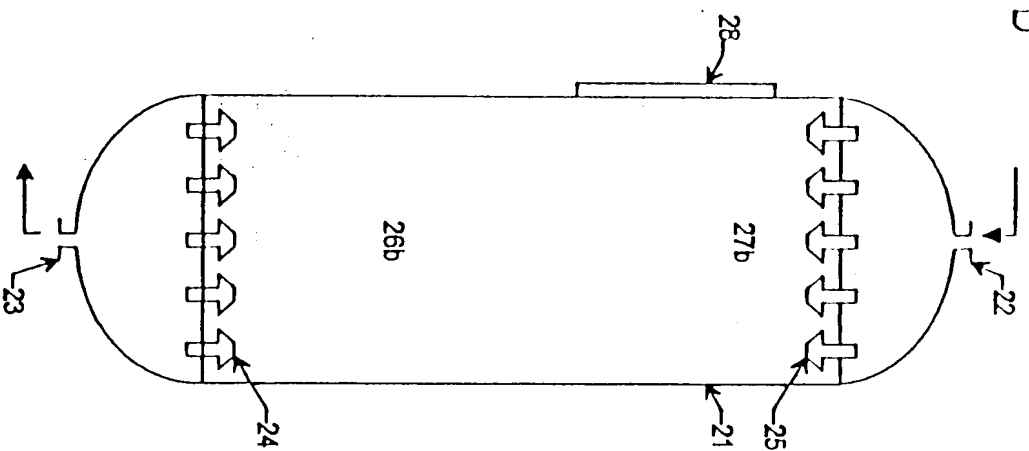
Gb.2b



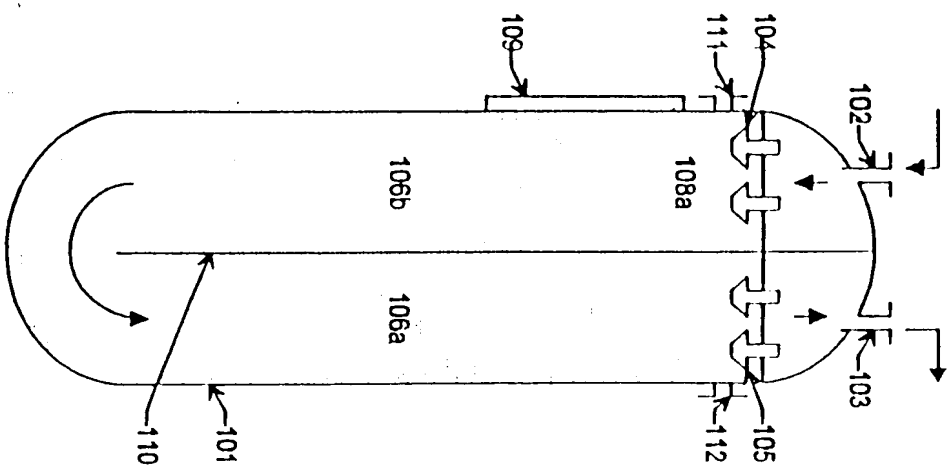
Gb.3a



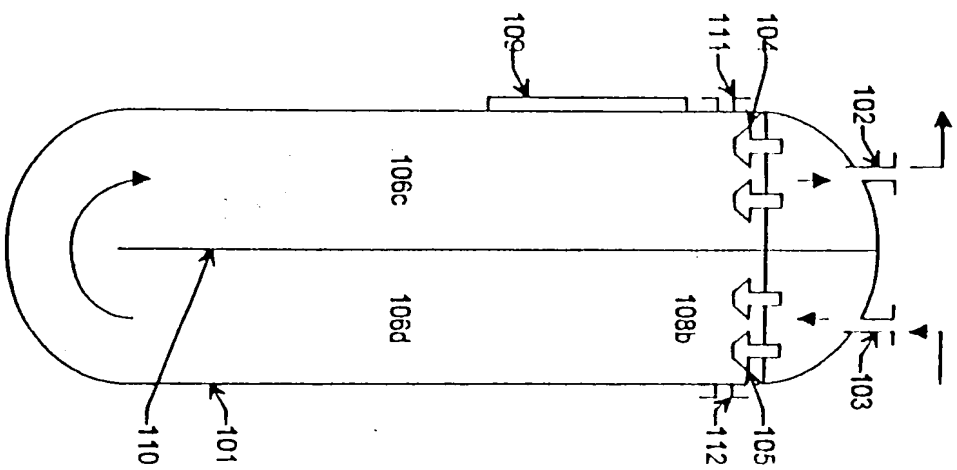
Gb.3b



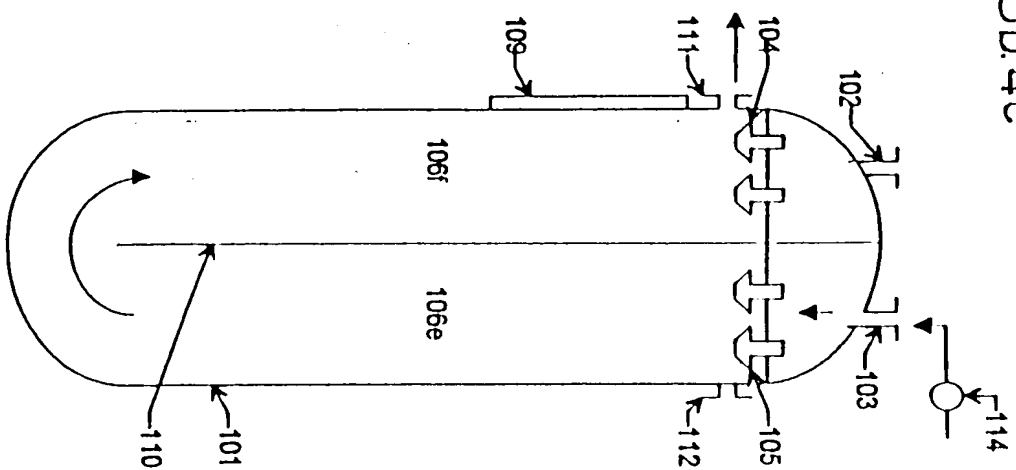
Gb. 4a



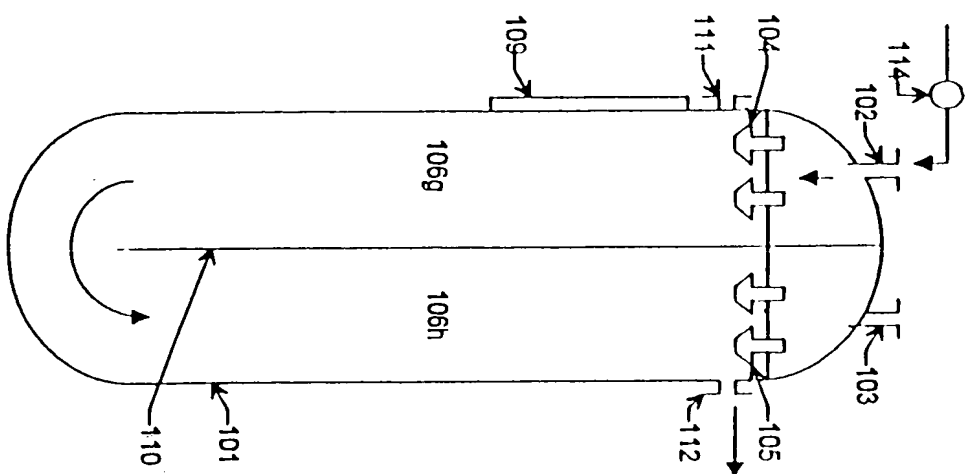
Gb.4b



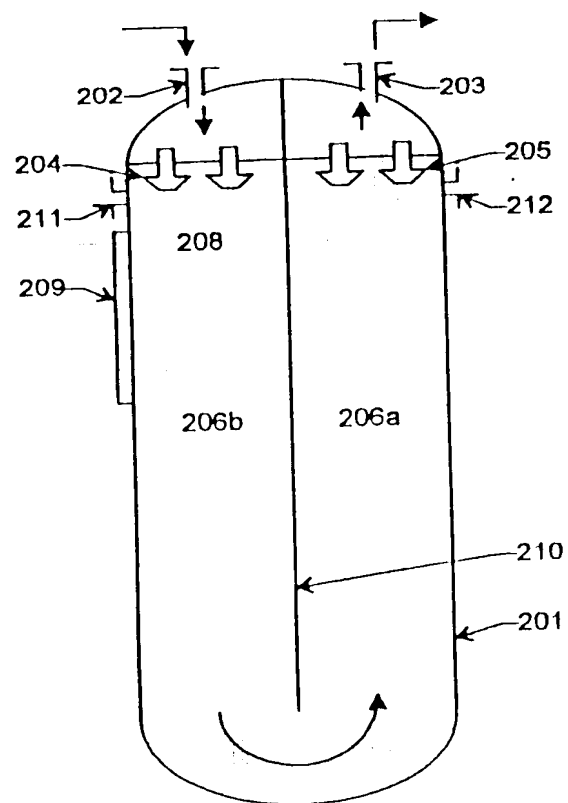
Gb.4c



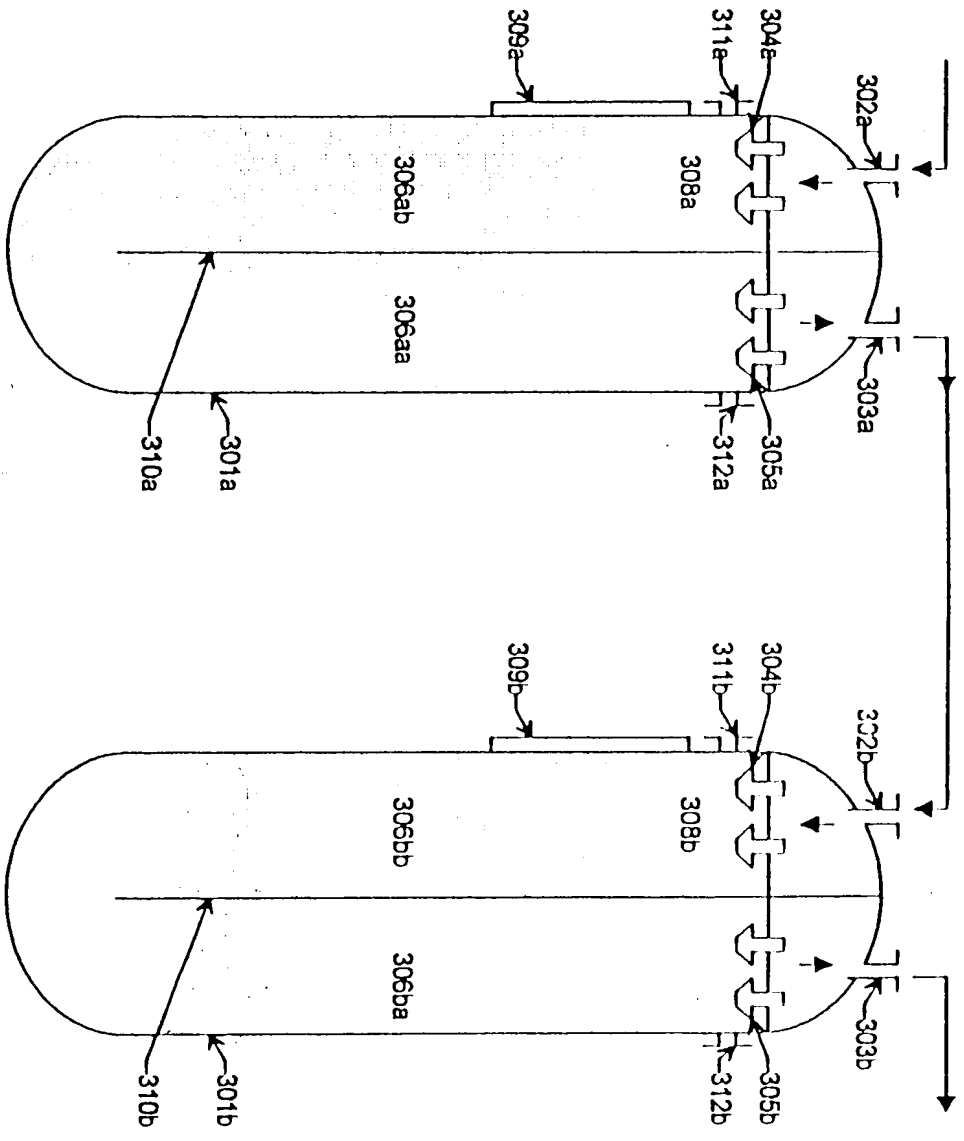
Gb.4d



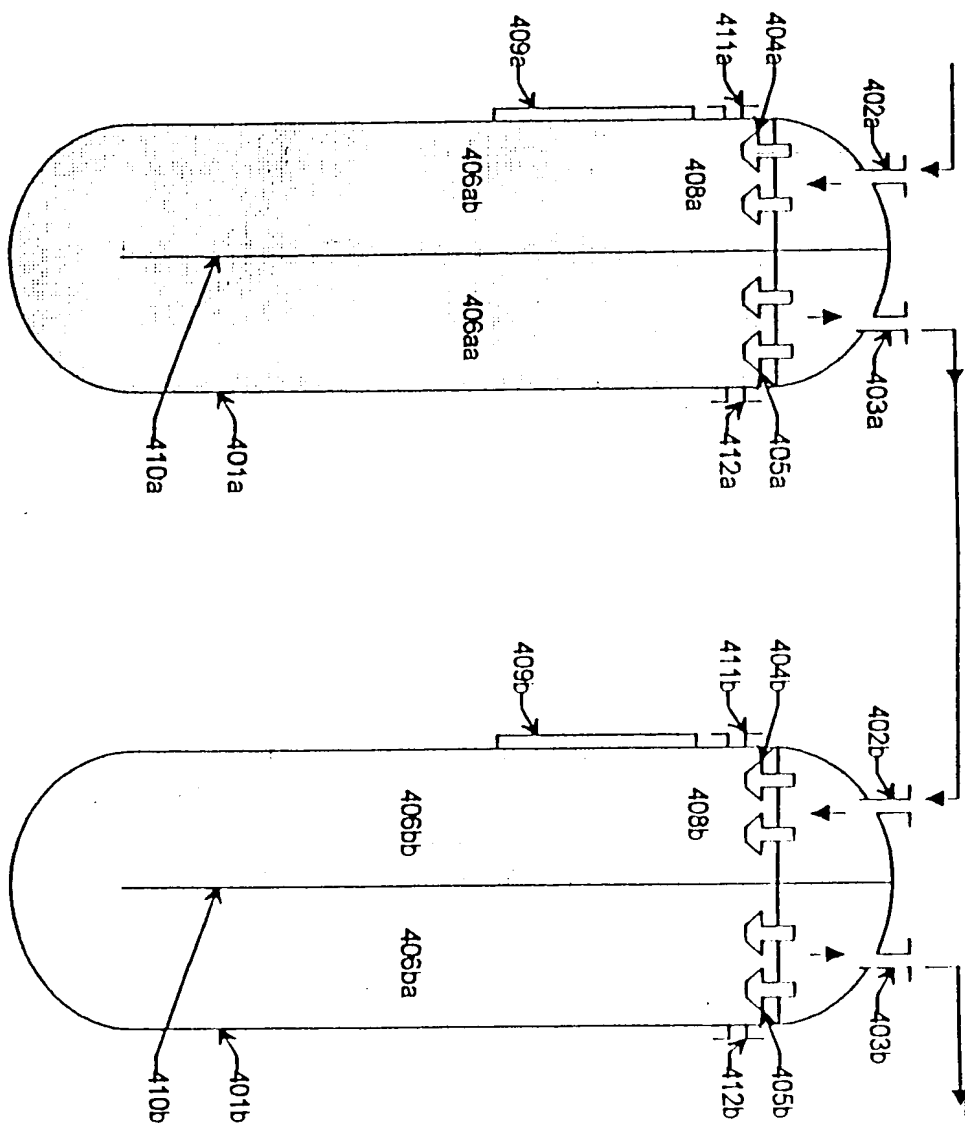
Gb. 5



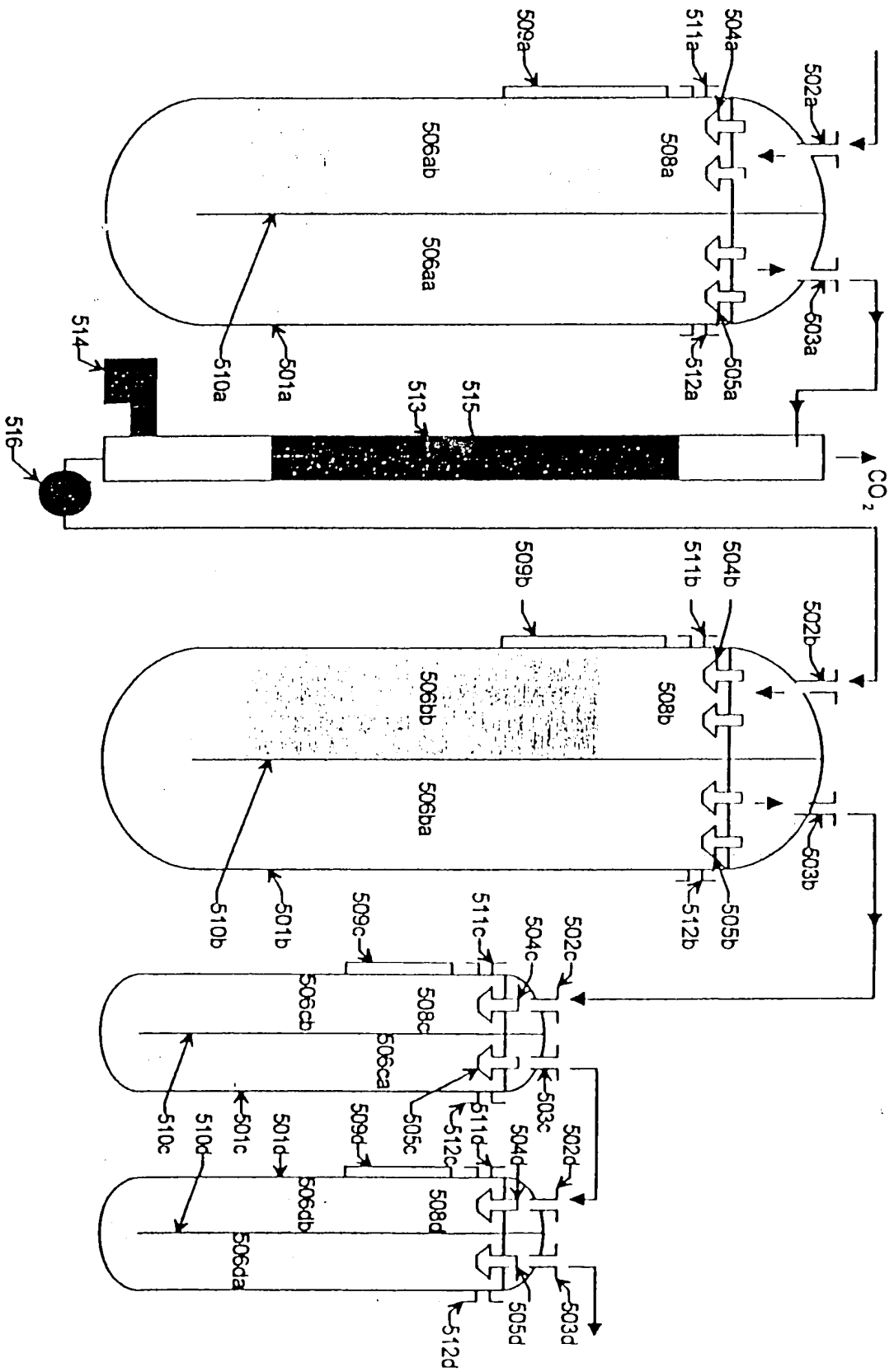
Emb. 6



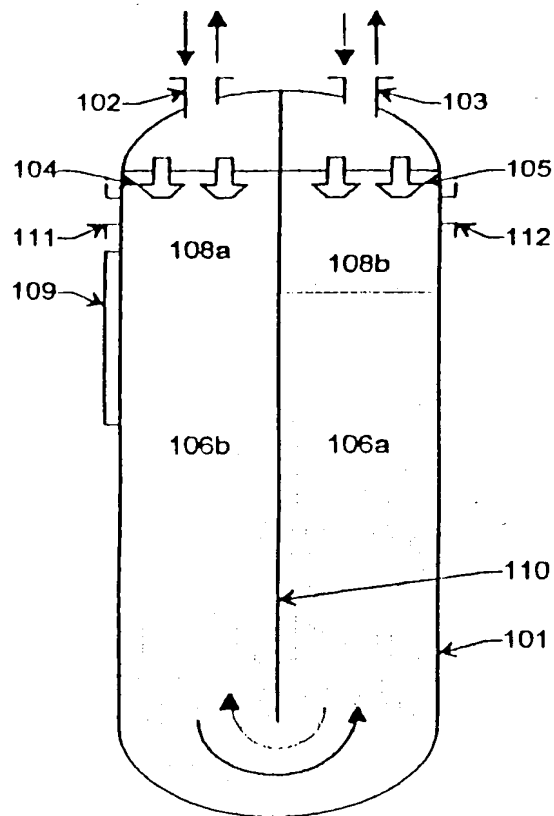
Gb.7



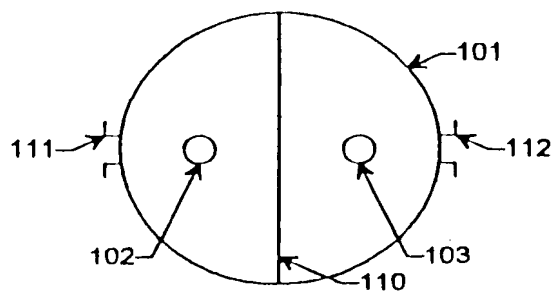
Gb.8



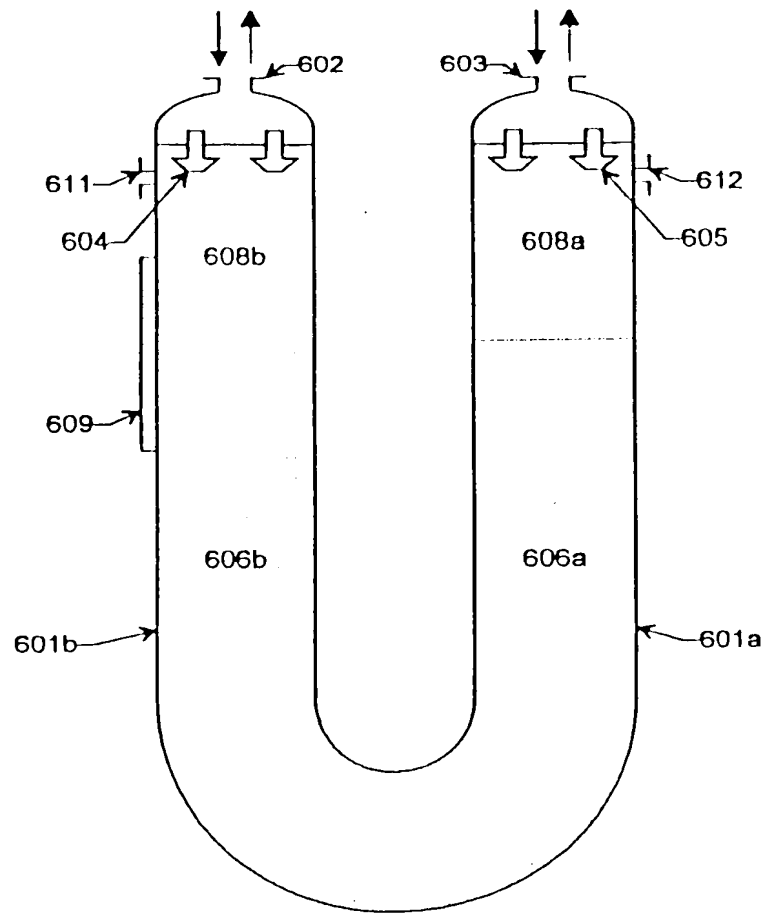
Gb.9a



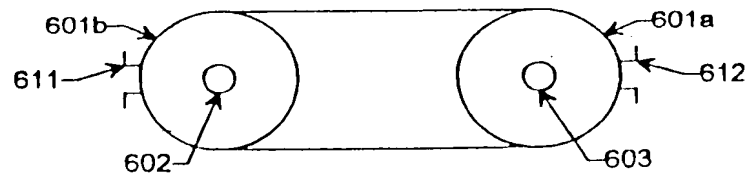
Gb.9b



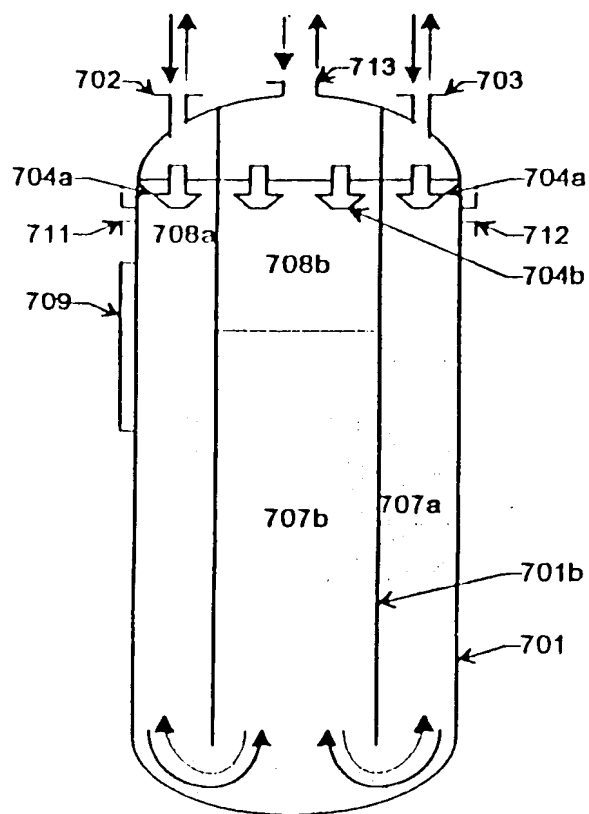
Gb.10a



Gb.10b



Gb.11a



Gb.11b

